

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. August 2001 (16.08.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 01/59282 A1 2003-50875

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/14, 33/02

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/00272

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Januar 2001 (24.01.2001)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HESS, Werner [DE/DE]; Zorndorfer Strasse 23, 70499 Stuttgart (DE).  
RIES-MUELLER, Klaus [DE/DE]; Heinsheimer Strasse 47, 74906 Bad Rappenau (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

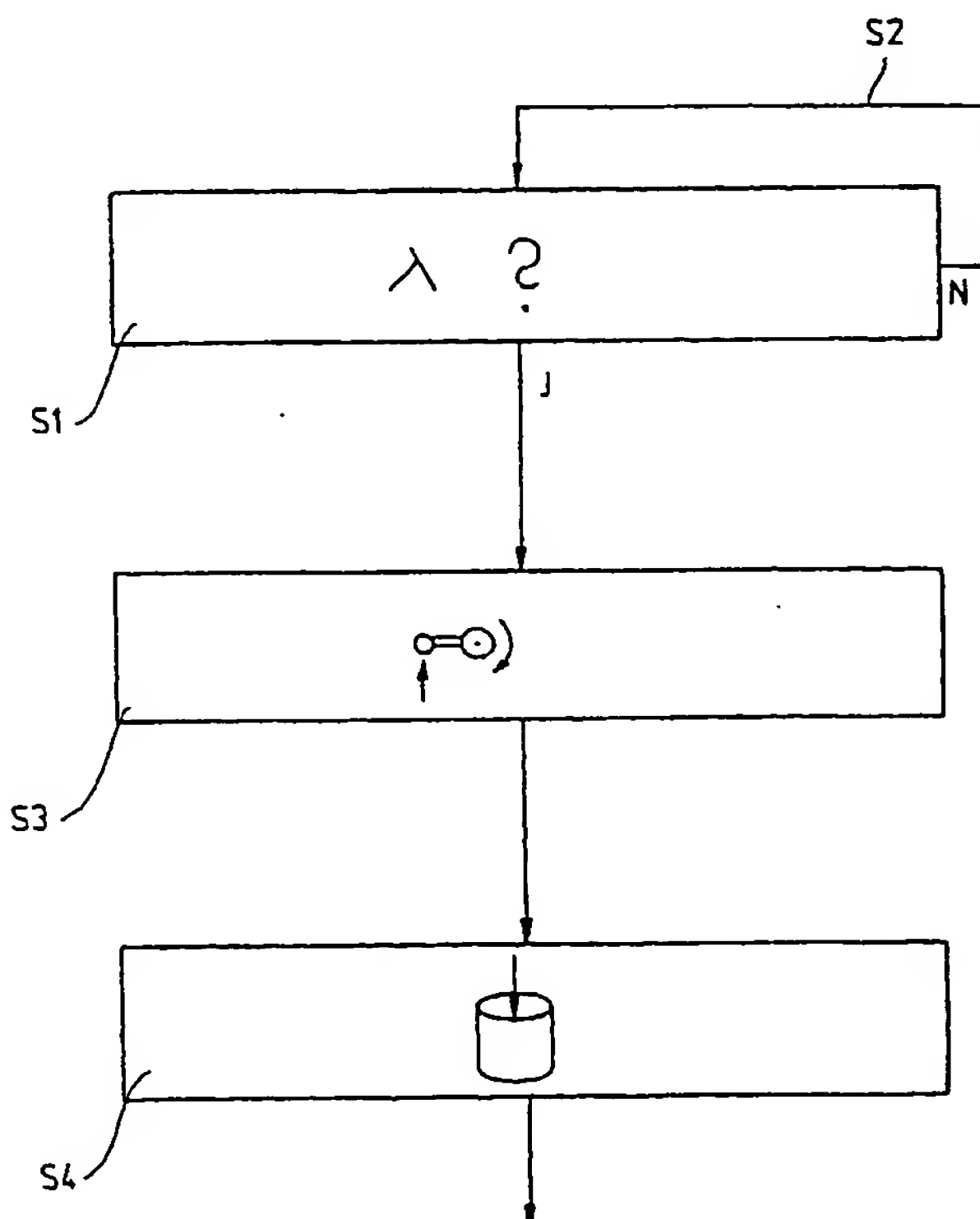
(30) Angaben zur Priorität:  
100 06 161.3 11. Februar 2000 (11.02.2000) DE

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING CYLINDER-INDIVIDUAL DIFFERENCES OF A CONTROLLED VARIABLE IN A MULTICYLINDER INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG ZYLINDERINDIVIDUELLER UNTERSCHIEDE EINER STEUERGRÖSSE BEI EINER MEHRZYLINDRIGEN BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for determining cylinder-individual differences of a controlled variable in a multicylinder internal combustion engine. The invention provides that a determination of cylinder-individual filling differences is carried out.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Bestimmung zylinderindividueller Unterschiede einer Steuergrösse bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine. Es ist vorgesehen, dass eine Bestimmung zylinderindividueller Füllungsunterschiede durchgeführt wird.

WO 01/59282 A1



**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

5

Verfahren und Einrichtung zur Bestimmung zylinderindividueller Unterschiede einer Steuergröße bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine .

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Bestimmung zylinderindividueller Unterschiede einer Steuergröße bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine.

15

Stand der Technik

An moderne Brennkraftmaschinen werden beispielsweise im Hinblick auf Laufruhe und Reduktion des Schadstoffausstoßes immer höhere Anforderungen gestellt. Diese sollen bei allen Belastungszuständen der Brennkraftmaschine erfüllt sein, wobei sich die verschiedenen Belastungszustände im wesentlichen aus der aktuellen Betriebssituation unter Berücksichtigung eines Bedarfs nach Reduktion oder Steigerung des von der Brennkraftmaschine zur Verfügung gestellten Drehmomentes ergeben. Eine Hauptaufgabe der Steuerung für die Brennkraftmaschine ist es, das von dieser erzeugte Drehmoment einzustellen, wozu in verschiedenen Teilsystemen der Steuerung drehmomentbeeinflussende Größen gesteuert werden.

Eine zentrale Steuergröße moderner Motorsteuerungen ist die sogenannte Füllung, die im Teilsystem Füllungssteuerung beeinflusst wird. Im Sinne dieser Anmeldung bezeichnet der Begriff „Füllung“ im wesentlichen die Masse an unverbrauchtem Sauerstoff, der für die Verbrennung zur Verfügung steht. Die Füllung wird auch als Luftfüllung bezeichnet. Neben der Füllungssteuerung ist eine genaue Steuerung der Gemischzusammensetzung erforderlich, also der Kraftstoffanreicherung im Kraftstoff-Luftgemisch. Das Kraftstoff-Luft-Mischungsverhältnis wird bekanntlich durch das Luftverhältnis  $\lambda$  charakterisiert, das das Verhältnis zwischen der die Füllung bestimmenden, zugeführten Luftmenge und dem theoretischen Luftbedarf für vollkommene Verbrennung angibt. Dabei entspricht  $\lambda = 1$  im Hinblick auf optimale, rückstandsfreie Verbrennung einem Idealwert, während Werte  $\lambda < 1$  einem Luftmangel bzw. einem fetten Gemisch und Werte  $\lambda > 1$  einem Luftüberschuß bzw. einem mageren Gemisch entsprechen. Im Teilsystem Gemischbildung der Steuerung wird die einer Füllung zugehörige Kraftstoffmasse berechnet und daraus die erforderliche Einspritzzeit und der optimale Einspritzzeitpunkt bestimmt. Schließlich wirkt sich auch eine zeitgerechte Entflammung des Gemisches auf den Verbrennungsverlauf aus.

Es sind schon verschiedene Vorschläge gemacht worden, bei Verbrennungsmotoren mit zylinderindividueller Kraftstoffzumessung, insbesondere bei Ver-

brennungsmotoren mit Direkteinspritzung von Kraftstoff in die Brennkammern der einzelnen Zylinder, eine optimierte Motorsteuerung durchzuführen. So ist es beispielsweise bekannt, daß insbesondere bei  
5 Otto-Motoren mit Kraftstoff-Direkteinspritzung Fertigungstoleranzen bei der Herstellung von Einspritzventilen im Betrieb zu zylinderindividuellen Gemischunterschieden führen, die sich in unterschiedlichen Drehmomentbeiträgen der einzelnen Zylinder zum Gesamtdrehmoment des Motors bemerkbar  
10 machen. Dies kann zu unruhigem Motorlauf führen. Dieses Problem kann durch Angleichung bzw. Gleichstellung der zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge gelöst werden. Dabei werden durch geeignete  
15 Maßnahmen individuelle Beiträge der einzelnen Zylinder zur Laufunruhe bestimmt und die zylinderspezifischen Einspritzzeiten und damit die zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge werden so geregelt, daß sich die zylinderindividuellen Laufunruhwerte  
20 einem gemeinsamen Sollwert annähern. Ein Beispiel einer derartigen Motorsteuerung ist in der EP 0 140 065 B1 beschrieben. Ein anderes Beispiel ist in der DE 198 28 279 offenbart.

25 Es ist auch schon vorgeschlagen worden, die Motorsteuerung im Hinblick auf Optimierung des Schadstoffausstoßes zu verbessern. Hierzu wird beispielsweise in der Veröffentlichung „Development of the High Performance L4 Engine ULEV System“ von N.  
30 Kishi et al. in: SAE 980415, Seiten 27 ff eine zylinderindividuelle Lamdaregelung angesprochen, die dazu dienen soll, den Luftverhältniswert  $\lambda$  der ein-

zelnen Zylinder jeweils auf den gleiche, optimalen Wert zu regeln, um individuell für jeden Zylinder eine schadstoffoptimierte Verbrennung zu ermöglichen.

5

#### Vorteile der Erfindung

Ein erfindungsgemäßes Verfahren sowie eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Bestimmung zylinderindividueller Unterschiede einer Steuergröße bei einer mehrzylindrischen Brennkraftmaschine zeichnet sich dadurch aus, daß zylinderindividuelle Füllungsunterschiede bestimmt werden. Die Erfindung erlaubt somit einen Zugriff auf eine die Verbrennung und den Betrieb der Brennkraftmaschine wesentlich mitbestimmende Leitgröße, nämlich die Füllung der einzelnen Zylinder im Verhältnis zur Füllung der anderen Zylinder. Die durch die Erfindung gegebene Möglichkeit, zylinderindividuelle Füllungsunterschiede zu erkennen bzw. zu bestimmen, erlaubt eine Berücksichtigung der Füllungsunterschiede bei der Berechnung anderer zylinderindividueller, von der Füllung wesentlich beeinflusster Motorgrößen sowie ggf. eine Korrektur zylinderindividueller Füllungsunterschiede zu deren Gleichstellung. Herkömmlich wurden lediglich Kraftstoffzumessungsunterschiede korrigiert.

Die Erfindung erlaubt auch eine sichere Unterscheidung dahingehend, ob auftretende Drehmomentunterschiede zwischen einzelnen Zylindern im wesentlichen auf zylinderindividuelle Unterschiede bei der

Füllung oder zylinderindividuelle Unterschiede beim Luftverhältnis  $\lambda$  zurückzuführen sind, das bekanntlich außer von der Füllung auch von der entsprechenden Kraftstoffzumessung abhängig ist.

5

Das Ergebnis einer Bestimmung zylinderindividueller Füllungsunterschiede kann z.B. dazu genutzt werden, den Zündwinkel zu optimieren, wobei der Begriff Zündwinkel sich auf die winkelmäßige Lage des Zündzeitpunktes zu einem Bezugspunkt, beispielsweise dem oberen Totpunkt des Kolbens eines Zylinders in seinem Verbrennungstakt bezieht. Hierdurch können im Vergleich zu herkömmlichen Klopfregelungen Verbesserungen erreicht werden. Sofern eine Brennkraftmaschine die Möglichkeit einer zylinderindividuellen Steuerung der Luftzumessung besitzt, beispielsweise zylinderindividuelle Drosselklappen, so können erfindungsgemäß ermittelte zylinderindividuelle Füllungsunterschiede direkt zur Ansteuerung dieser Drosselklappe und damit zur Gleichstellung der Zylinderfüllungen genutzt werden. Dies ist insbesondere bei unsymmetrischen Motorgeometrien vorteilhaft, bei denen konstruktionsbedingt, beispielsweise durch unterschiedliche Dimensionierung von Ansaugleitungen für die einzelnen Zylinder, hohe zylinderindividuelle Füllungsunterschiede auftreten können. Die zylinderindividuellen Füllungsunterschiede können aber auch dazu genutzt werden, die Einspritzzeitpunkte zu optimieren.

30

Bei einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, daß die Bestimmung von zylinderindividuellen Fül-



lungsunterschieden anhand einer Gleichung durchgeführt wird, die als Variable zylinderindividuelle Luftverhältnisse  $\lambda$  und zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge enthält. Dadurch ist es möglich, bei der Bestimmung zylinderindividueller Füllungs-  
5 unterschiede auf eine Messung der einzelnen Zylinderfüllungen zu verzichten, so daß ein Einbau entsprechender Sensoren nicht erforderlich ist. Vielmehr reicht es aus, wenn geeignete Einrichtungen zur zylinderindividuellen Drehmomenterfassung oder  
10 -bestimmung und zur zylinderindividuellen Erfassung oder Bestimmung des Luftverhältnisses vorgesehen sind und wenn entsprechende Signale dieser Einrichtungen geeignet kombiniert werden. Dieser einfachen Berechnung von zylinderindividuellen Füllungsunter-  
15 schieden liegt u.a. die Erkenntnis zugrunde, daß für das von einem Zylinder abgegebene Drehmoment im wesentlichen zwei Einflußgrößen maßgeblich sind, nämlich einerseits die erwähnte Füllung, d.h. die zur Verbrennung zur Verfügung stehende Sauerstoff-  
20 masse, und andererseits die durch den  $\lambda$ -Wert angezeigte Gemischzusammensetzung, in die neben der Masse an Verbrennungssauerstoff auch die zugeführte Kraftstoffmasse eingeht. Eine möglicherweise gegebene, vergleichsweise geringfügige Abhängigkeit des  
25 Drehmomentes vom Zündwinkel bleibt bei dieser ersten Näherung außer Betracht. Deren Beiträge sind insbesondere im Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine vernachlässigbar.



Eine bevorzugte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, daß durch eine geeignete Gleichstellungsregelung eine Gleichstellung der zylinderindividuellen Luftverhältnisse durchgeführt wird, daß daraufhin  
5 zylinderindividuelle Drehmomentunterschiede durch direkte Messung oder indirekte Ableitung bestimmt werden und daß aus den zylinderindividuellen Drehmomentunterschieden die zylinderindividuellen Füllungsunterschiede abgeleitet werden. Dabei wird  
10 davon ausgegangen, daß bei gleichen  $\lambda$ -Werten in allen Zylindern ggf. vorhandene Unterschiede bei der Drehmomentabgabe der einzelnen Zylinder ihre Ursachen in unterschiedlichen Füllungen der entsprechenden Zylinder haben. Insbesondere wird von einer  
15 direkten Proportionalität zwischen zylinderindividuellem Drehmoment und zylinderindividueller Füllung ausgegangen. Im Hinblick auf einen minimalen Schadstoffausstoß erfolgt die zylinderindividuelle  $\lambda$ -Regelung zweckmäßig auf einen Wert  $\lambda = 1$ .

20 Die für diese Variante erforderliche Bestimmung zylinderindividueller Drehmomentunterschiede kann auf jede geeignete Weise durchgeführt werden, beispielsweise dadurch, daß die Drehmomentbeiträge  
25 einzelner Zylinder zum Gesamtdrehmoment oder in direktem Zusammenhang mit diesen Beiträgen stehende Größen mit geeigneten Sensoren gemessen werden. Es können z.B. geeignete Brennraumdrucksensoren oder Drehmomentsensoren vorgesehen sein. Auf derartige,  
30 ggf. kostspielige Messungen kann verzichtet werden, wenn die Bestimmung zylinderindividueller Drehmo-

mentunterschiede anhand einer Auswertung der Laufunruhe der Brennkraftmaschine durchgeführt wird. Hierzu können alle für diesen Zweck geeigneten Verfahren bzw. Einrichtungen genutzt werden, beispielsweise das in der EP 140 065 beschriebene Verfahren zur Zylindergleichstellung, bei dem zur Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Drehbewegung der Kurbel- oder Nockenwelle Segmentzeiten erfaßt werden und daraus ein Maß für die Laufunruhe des Motors gebildet wird. Eine Weiterbildung dieses Verfahrens ist in der DE 198 28 279 offenbart. Es ist auch möglich, Laufunruhwerte zu verwenden, die für eine ggf. vorhandene Verbrennungsaussetzererkennung ohnehin für die Steuerung bereitgestellt werden. Die Bildung von Laufunruhwerten zur Verbrennungsaussetzererkennung ist beispielsweise aus der DE 196 10 215 bekannt. Die die Bildung von Laufunruhwerten und die Ableitung zylinderindividueller Drehmomentbeiträge betreffenden Merkmale dieser Veröffentlichungen werden ausdrücklich in diese Anmeldung einbezogen.

Es kann auch so sein, daß durch entsprechende Regelung beispielsweise von zylinderspezifischen Einspritzzeiten die zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge gleichgestellt werden und daß daraufhin zylinderindividuelle Unterschiede des  $\lambda$ -Wertes bestimmt werden. Bei Steuerungen mit der Möglichkeit der erwähnten Gleichstellung der  $\lambda$ -Werte liegen entsprechende zylinderindividuelle  $\lambda$ -Werte ohnehin als Eingangswerte einer Regelung vor. Alternativ

oder zusätzlich können auch gesonderte Meßeinrichtungen, beispielsweise individuelle Lamdasonden, zur Messung der individuellen  $\lambda$ -Werte vorgesehen sein. Aus den zylinderindividuellen Unterschieden  
5 des Luftverhältnisses (bei im wesentlichen gleichen Drehmomentbeiträgen der einzelnen Zylinder) können dann die zylinderindividuellen Füllungsunterschiede abgeleitet werden. Diese Ableitung beruht auf der Annahme, daß zumindest in erster Näherung die (im  
10 Luftverhältnis  $\lambda$  enthaltene) zugeführte Kraftstoffmasse direkt proportional zum abgegeben Drehmoment des Zylinders ist.

#### Zeichnung

15 Diese und weitere Merkmale gehen außer aus der Beschreibung auch aus den Ansprüchen und der Zeichnung hervor. Eine Ausführungsform der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden  
20 näher erläutert. Die einzige Zeichnungsfigur zeigt in Form eines schematischen Ablaufdiagramms eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung von zylinderindividuellen Füllungsunterschieden.

25 Das anhand von Fig. 1 erläuterte Verfahren zur Bestimmung von zylinderindividuellen Füllungsunterschieden ist in Form geeigneter Software und/oder Hardware in einer elektronischen Motorsteuerung für  
30 eine Brennkraftmaschine implementiert, bei der es sich im Beispiel um einen Otto-Motor mit Benzin-

Direkteinspritzung handelt. Das Steuergerät ist neben anderen Funktionen auch dazu ausgebildet, eine Zylindergleichstellung der zylinderindividuellen Drehmomente auf Grundlage von Laufunruhwerten der Brennkraftmaschine bereitzustellen. Dabei werden durch geeignete Maßnahmen individuelle Beiträge der einzelnen Zylinder zur Laufunruhe des Motors bestimmt und die zylinderspezifischen Einspritzzeiten und damit die zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge werden so geregelt, daß sich die zylinderindividuellen Laufunruhwerte einem gemeinsamen Sollwert annähern. Ein Beispiel einer derartigen Motorsteuerung ist in der EP 0 140 065 B1 beschrieben. Ein anderes Beispiel ist in der DE 198 28 279 offenbart. Auf die Offenbarung dieser Dokumente bzgl. der Gleichstellung der zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge wird ausdrücklich Bezug genommen.

Bei der Zylindergleichstellungsregelung bzgl. der Drehmomentbeiträge werden Laufunruhesignale gebildet, die reale, zylinderindividuelle Winkelbeschleunigungsbeiträge der einzelnen Zylinder zum Gesamtdrehmoment repräsentieren. Diese werden aus der Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Drehbewegung der Kurbel- oder Nockenwelle mit Hilfe sogenannter Segmentzeiten erfaßt. Segmentzeiten sind die Zeiten, in denen die Kurbel- oder Nockenwelle einen vorbestimmten Winkelbereich überstreicht, der einem bestimmten Zylinder zugeordnet ist. Je gleichmäßiger der Motor läuft, desto geringer fallen die Unterschiede zwischen den Segmentzeiten der

einzelnen Zylindern aus. Aus den genannten Segmentzeiten läßt sich ein Maß für die Laufunruhe des Motors bilden. Durch eine geeignete Auswertung können die zylinderindividuellen Einspritzmengen bzw. Einspritzzeiten so eingestellt werden, daß sich die zylinderindividuellen Drehmomentbeträge aneinander angleichen, vorzugsweise bis zur Gleichstellung der Drehmomentbeiträge. Für das Verständnis der vorliegenden Erfindung ist vor allem wichtig zu erkennen, daß in einer derartigen Steuerung auch Signale erzeugt werden, die zylinderindividuelle Drehmomentbeiträge bzw. deren Verhältnisse untereinander repräsentieren. Eine derartige Steuerung bietet also die Möglichkeit einer Ableitung von Werten zylinderindividueller Drehmomentbeiträge.

Die Steuerung umfaßt auch eine Zylindergleichstellungsregelung, die es erlaubt, die zylinderindividuellen Luftverhältnisse  $\lambda$  auf einen gemeinsamen Wert, vorzugsweise auf den Wert  $\lambda = 1$ , zu regeln. Diese zylinderindividuelle Lambdaregelung dient im wesentlichen der Abgasverbesserung der Brennkraftmaschine. Die Regelung kann so arbeiten, daß durch Korrekturen bzgl. der Kraftstoffeinspritzung die zylinderindividuellen  $\lambda$ -Werte auf einen gemeinsamen Wert eingeregelt werden. Die zylinderindividuelle Lambdaregelung kann, wie in der o.g. Veröffentlichung „Development of the High Performance...“ erwähnt, ebenfalls mit einer Auswertung von Drehzahl-schwankungen der Brennkraftmaschine zur Anzeige zylinderindividueller Gemischzusammensetzungsunter-

schiede arbeiten. Es können also auch hierfür Lauf-  
ruhewerte beispielsweise mit Hilfe von Segment-  
zeiten gebildet werden.

- 5 Bei einer mit einer derartigen Steuerung ausgestat-  
teten Brennkraftmaschine kann das Verfahren bei-  
spielsweise wie folgt ablaufen (vgl. Zeichnungsfi-  
gur). Zu einem gegebenen Ausgangszeitpunkt ist die  
10 zylinderindividuelle Lambdaregelung aktiv. In einem  
ersten Schritt S1 wird bestimmt, ob die zylinderin-  
dividuelle Lambdaregelung derart wirkungsvoll ar-  
beitet, daß die Luftverhältnisse  $\lambda$  in allen Zylind-  
dern im wesentlichen gleichgestellt sind. Hierzu  
können beispielsweise mit Hilfe zylinderindividueller  
15 Lambda-Sonden die Luftverhältnisse der einzel-  
nen Zylinder gemessen werden. Ist die zylinderindi-  
viduelle Lambdaregelung noch nicht so weit einge-  
schwungen, daß die zylinderindividuellen Lambdawer-  
te innerhalb eines vorgebbaren engen Bereichs an-  
20 einander angeglichen sind, so wird, vorzugsweise  
nach einem vorbestimmten Zeitintervall, erneut eine  
Überprüfung dahingehend vorgenommen, ob die zylind-  
erindividuelle Lambdaregelung eingeschwungen ist  
(Schritt S2).
- 25 Ist die zylinderindividuelle Lambdaregelung einge-  
schwungen, so erfolgt im Schritt S3 eine Bestimmung  
zylinderindividueller Drehmomentbeiträge der ein-  
zelnen Zylinder. Diese Bestimmung kann beispiels-  
30 weise die Messung von Einzelzylinderdrehmomenten  
mit geeigneten Drehmomentsensoren und/oder die Mes-  
sung von zylinderindividuellen Brennraumdrücken

mittels geeigneter Sensoren umfassen, wobei aus den einzelnen Brennraumdrücken über die Zylindergeometrie die Drehmomentbeiträge ableitbar sind. Auf derartige Messungen und entsprechende Sensoren kann  
5 verzichtet werden, wenn die Steuerung der Brennkraftmaschine eine Zylindergleichstellungsregelung für die zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge der eingangs erwähnten Art aufweist. In diesem Fall liegen Signale, die zylinderindividuelle Drehmo-  
10 mentbeiträge repräsentieren, als Eingangssignal dieser Regelung ohnehin vor und können zur Ermittlung von Einzelzylinderdrehmomenten genutzt werden. Alle genannten Ausführungen führen dazu, daß am Ende von Schritt S3 Werte für zylinderindividuelle  
15 Drehmomentbeiträge bzw. zumindest Relativverhältnisse oder Unterschiede zwischen den Drehmomentbeiträgen einzelner Zylinder vorliegen.

Diese Werte dienen als Eingangsgrößen für Schritt  
20 S4, in dem aus den unterschiedlichen Drehmomentbeiträgen der einzelnen Zylinder zylinderindividuelle Füllungsunterschiede abgeleitet werden. Diese Ableitung basiert auf der Annahme, daß die festgestellten unterschiedlichen Drehmomente ihre Ursache  
25 im wesentlichen ausschließlich in der unterschiedlichen Füllung, d.h. im unterschiedlichen Gehalt an verbrennbarem Sauerstoff, haben. Mit anderen Worten: Es wird eine direkte Proportionalität zwischen dem Drehmomentbeitrag eines Zylinders und der in  
30 diesem Zylinder vorhandenen Füllung angenommen. Es wird also davon ausgegangen, daß bei im wesentlichen gleichen  $\lambda$ -Werten in allen Zylindern ggf. vor-



handene Unterschiede bei der Drehmomentabgabe der einzelnen Zylinder ihre Ursachen in unterschiedlichen Füllungen der entsprechenden Zylinder haben. Am Ausgang von Schritt S4 sind demnach Werte für  
5 zylinderindividuelle Füllungsunterschiede für die Steuerung verfügbar. Diese können in der Steuerung bei der Berechnung zylinderindividueller, von der Füllung beeinflusste Motorgrößen, beispielsweise der richtigen Zündungseinstellung und/oder Einspritz-  
10 zeitpunkteinstellung, berücksichtigt werden.

Es ist zu beachten, daß bei einer Motorsteuerung, die sowohl die Möglichkeit einer zylinderindividuellen Lambdaregelung, als auch einer zylinderindiv-  
15 viduellen Drehmomentregelung aufweist, diese Regelungen bei reinen Füllungsunterschieden nicht gleichzeitig regelungsaktiv sein dürfen, da sonst beide Verfahren gegeneinander regeln würden. Dies sei am folgenden Beispiel erläutert. Zylinder 1 ha-  
20 be im Verhältnis zu den anderen Zylindern eine erhöhte Füllung. Eine zylinderindividuelle Lambdaregelung würde daraufhin die Einspritzmenge von Zylinder 1 erhöhen, um das Luftverhältnis auf dem Wert  $\lambda = 1$  einzustellen. Die erhöhte Füllung wird  
25 auch eine erhöhte Drehmomentabgabe zur Folge haben. Dementsprechend wird eine Zylindergleichstellungsregelung für die Drehmomentbeiträge die Einspritzmenge von Zylinder 1 reduzieren, um das Drehmoment entsprechend zu reduzieren. Bei einer derartigen  
30 Konstellation ist daher zu beachten, daß die Einrichtung zur Zylindergleichstellungsregelung für das Drehmoment nicht zur Regelung der Einspritzmen-

ge benutzt wird, sondern nur zur Messung bzw. zur Ableitung der zylinderindividuellen Drehmomentbeiträge. Es erfolgt also kein Regeleingriff der Drehmomentgleichstellungsregelung.

5

Bei reinen Einspritzunterschieden dagegen könnten beide Gleichstellungsverfahren parallel laufen, da beide Verfahren in die gleiche Richtung korrigieren. Vorzugsweise wird auch in diesem Fall nur eine zylinderindividuelle Lambdaregelung durchgeführt. Es ist davon auszugehen, daß bei im wesentlichen gleicher Füllung über alle Zylinder und eingeschwungener zylinderindividueller Lambdaregelung auch die zylinderindividuellen Drehmomente im wesentlichen gleich sind.

10  
15

Durch die dank der Erfindung mögliche Bestimmung zylinderindividueller Füllungsunterschiede ist es möglich, diese bei der Optimierung unterschiedlichster Steuergrößen für die Brennkraftmaschine zu berücksichtigen. So ist es beispielsweise möglich, den Zündwinkel und/oder den Einspritzzeitpunkt der einzelnen Zylinder nun zylinderindividuell zu korrigieren. Dies kann bedeuten, daß der Zündwinkel und/oder der Einspritzzeitpunkt im optimalen Bereich vorgesteuert wird. Dadurch ergibt sich mehr Drehmoment, wobei eine ggf. vorhandene Klopfregelung weniger aktiv sein muß. Es ist auch eine in Abhängigkeit von den zylinderindividuellen Füllungsunterschieden voll variable Ansteuerung von Einlaßventilen und/oder Auslaßventilen möglich. Dadurch kann die Erfindung ggf. zur weitgehend freien

20  
25  
30

zylinderindividuellen Einstellung von Ventilhub und/oder Ventilsteuerzeiten genutzt werden. Das kann dadurch realisiert werden, daß jedem einzelnen Ventil ein eigener, beispielsweise elektromechanischer Antrieb zugeordnet ist, der von der Motorsteuerung ansteuerbar ist. In diesem Fall wäre es auch möglich, festgestellte Füllungsunterschiede durch zylinderindividuelle Ansteuerung der Ventile zu korrigieren bzw. gleichzustellen. Dies kann beispielsweise so ablaufen, daß ein Zylinder mit der aufgrund der Motorunsymmetrie größten Füllung etwas weniger Füllung zugelassen bekommt, so daß im Ergebnis alle Zylinder im wesentlichen den gleichen Drehmomentanteil liefern. Dies trägt zu einer besseren Laufruhe des Motors bei. Eine entsprechende Korrektur der Füllung wäre auch bei der Verwendung von Einzeldrosselklappen, d.h. eine Drosselklappe pro Zylinder, möglich.

**Patentansprüche**

5

1. Verfahren zur Bestimmung zylinderindividueller Unterschiede einer Steuergröße bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine, gekennzeichnet durch eine Bestimmung zylinderindividueller Füllungsunterschiede.  
10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung von zylinderindividuellen Füllungsunterschieden anhand einer Gleichung durchgeführt wird, die als Variable zylinderindividuelle Luftverhältnisse und zylinderindividuelle Drehmomentbeiträge enthält.  
15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
20 Gleichstellung von zylinderindividuellen Luftverhältnissen, vorzugsweise derart, daß für jeden Zylinder ein Wert von  $\lambda = 1$  eingestellt wird;  
25 Bestimmung zylinderindividueller Drehmomentunterschiede;  
Ableitung zylinderindividueller Füllungsunterschiede aus den zylinderindividuellen Drehmomentunterschieden, vorzugsweise unter der Annahme  
30 einer Proportionalität zwischen den zylinderin-

dividuellen Drehmomentunterschieden und den zylinderindividuellen Füllungsunterschieden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
5 daß zur Bestimmung von zylinderindividuellen Drehmomentunterschieden eine zylinderindividuelle Messung von zylinderindividuell abgegebenen Drehmomenten und/oder von zylinderindividuellen Brennraumdrücken durchgeführt wird.
- 10
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
15 daß die Bestimmung von zylinderindividuellen Drehmomentunterschieden indirekt anhand einer Auswertung der Laufruhe der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
- 20
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
Gleichstellung von zylinderindividuellen Drehmomentbeiträgen;  
Bestimmung zylinderindividueller Luftverhältnisunterschiede;  
Ableitung zylinderindividueller Füllungsunterschiede aus den zylinderindividuellen Luftverhältnisunterschieden, vorzugsweise unter der Annahme einer Proportionalität zwischen den zylinderindividuellen Luftverhältnisunterschieden und den zylinderindividuellen Füllungsunterschieden.
- 25
- 30 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
daß zur Bestimmung von zylinderindividuel-

len Luftverhältnisunterschieden eine zylinderindividuelle Messung von zylinderindividuellen Luftverhältnissen durchgeführt wird.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung von zylinderindividuellen Luftverhältnisunterschieden Eingangssignale einer Regelungseinrichtung zur Gleichstellung zylinderindividueller Luftverhältnisse genutzt werden.
- 10 9. Einrichtung zur Bestimmung zylinderindividueller Unterschiede einer Steuergröße bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine, gekennzeichnet durch Mittel zur Bestimmung zylinderindividueller Füllungsunterschiede.
- 15 10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Bestimmung von zylinderindividuellen Füllungsunterschieden mittels einer Gleichung arbeiten, die als Variable zylinderindividuelle Luftverhältnisse und zylinderindividuelle Drehmomentbeiträge enthält.
- 20 11. Einrichtung nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch Mittel zur Gleichstellung von zylinderindividuellen Luftverhältnissen, vorzugsweise derart, daß für jeden Zylinder ein Wert von  $\lambda = 1$  eingestellt wird;
- 25 30

- 20 -

Mittel zur Bestimmung zylinderindividueller  
Drehmomentunterschiede bei gleichgestellten  
Luftverhältnissen;

5 Mittel zur Ableitung zylinderindividueller Fül-  
lungsunterschiede aus den zylinderindividuellen  
Drehmomentunterschieden, vorzugsweise unter der  
Annahme einer Proportionalität zwischen den zy-  
linderindividuellen Drehmomentunterschieden und  
den zylinderindividuellen Füllungsunterschieden.

10

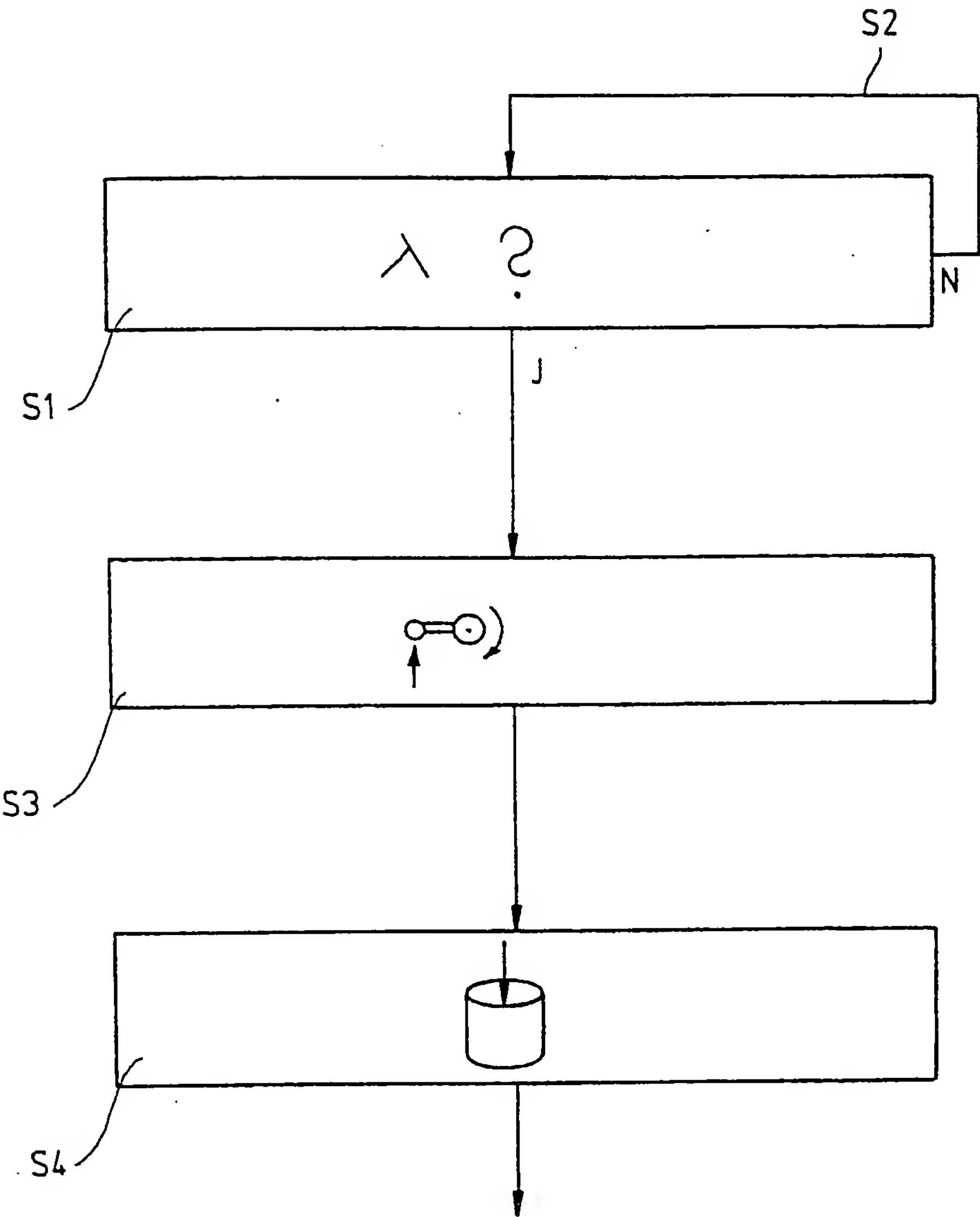
12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11,  
gekennzeichnet durch

Mittel zur Gleichstellung von zylinderindividu-  
ellen Drehmomentbeiträgen;

15 Mittel zur Bestimmung zylinderindividueller  
Luftverhältnisunterschiede bei gleichgestellten  
Drehmomentbeiträgen;

Mittel zur Ableitung zylinderindividueller Fül-  
lungsunterschiede aus den zylinderindividuellen  
20 Luftverhältnisunterschieden, vorzugsweise unter  
der Annahme einer Proportionalität zwischen den  
zylinderindividuellen Luftverhältnisunterschie-  
den und den zylinderindividuellen Füllungsunter-  
schieden.





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/00272

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F02D41/14 F02D33/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 012, no. 227 (M-713),<br>28 June 1988 (1988-06-28)<br>& JP 63 021338 A (NISSAN MOTOR CO LTD),<br>28 January 1988 (1988-01-28) | 1,9                   |
| Y          | abstract  | 2,10                  |
| Y          | ---<br>EP 0 833 043 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE<br>AG) 1 April 1998 (1998-04-01)  | 2,10                  |
| A          | column 1, line 35 -column 2, line 21<br><br>column 2, line 58 - line 17<br>---<br>-/--  | 1,3-9,<br>11,12       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 July 2001

Date of mailing of the international search report

24/07/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/00272

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| X  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 1998, no. 06,<br>30 April 1998 (1998-04-30)<br>& JP 10 037727 A (FUJI HEAVY IND LTD),<br>10 February 1998 (1998-02-10)<br>abstract                 | 1,9                   |
| A  | US 5 515 828 A (COOK JEFFREY A ET AL)<br>14 May 1996 (1996-05-14)<br>abstract<br>column 2, line 1 - line 4<br>column 6, line 28 - line 65<br>figures 5,7                             | 1-12                  |
| P,X  | DE 198 59 018 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>29 June 2000 (2000-06-29)<br>column 1, line 60 -column 64<br>column 3, line 10 - line 38<br>column 3, line 59 - line 67<br>claims 1,5-7       | 1-5,9-11              |
| P,X  | WO 01 04465 A (RENAULT ;FERNANDEZ ALAIN<br>(FR)) 18 January 2001 (2001-01-18)<br>abstract<br>page 3, line 1 - line 3<br>page 7, line 33 -page 8, line 11<br>page 9, line 9 - line 13 | 1-5,9-11              |
| A  | EP 0 140 065 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>8 May 1985 (1985-05-08)<br>cited in the application  |                       |
| A  | DE 198 28 279 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>30 December 1999 (1999-12-30)<br>cited in the application<br>the whole document   |                       |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/00272

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)  | Publication<br>date  |
|---|---------------------|---|--|
| JP 63021338 A                             | 28-01-1988          | NONE  |  |
| EP 0833043 A                              | 01-04-1998          | NONE  |  |
| JP 10037727 A                             | 10-02-1998          | NONE  |  |
| US 5515828 A                              | 14-05-1996          | NONE  |  |
| DE 19859018 A                             | 29-06-2000          | FR 2787511 A<br>JP 2000186604 A   | 23-06-2000<br>04-07-2000   |
| WO 0104465 A                              | 18-01-2001          | FR 2796417 A  | 19-01-2001   |
| EP 0140065 A                              | 08-05-1985          | DE 3336028 A<br>AT 39163 T<br>DE 3475549 D<br>JP 1913408 C<br>JP 6033723 B<br>JP 60081450 A<br>US 4688535 A | 18-04-1985<br>15-12-1988<br>12-01-1989<br>09-03-1995<br>02-05-1994<br>09-05-1985<br>25-08-1987 |
| DE 19828279 A                             | 30-12-1999          | WO 9967525 A  | 29-12-1999   |

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00272

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02D41/14 F02D33/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr |
|------------|--|-------------------|
| X          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 012, no. 227 (M-713),<br>28. Juni 1988 (1988-06-28)<br>& JP 63 021338 A (NISSAN MOTOR CO LTD),<br>28. Januar 1988 (1988-01-28) | 1,9               |
| Y          | Zusammenfassung  | 2,10              |
| Y          | EP 0 833 043 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE<br>AG) 1. April 1998 (1998-04-01)   | 2,10              |
| A          | Spalte 1, Zeile 35 - Spalte 2, Zeile 21<br><br>Spalte 2, Zeile 58 - Zeile 17<br>---<br>-/--  | 1,3-9,<br>11,12   |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*S\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Juli 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/07/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Röttger, K

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PC1/DE 01/00272

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Kategorie*   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
| X  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 1998, no. 06,<br>30. April 1998 (1998-04-30)<br>& JP 10 037727 A (FUJI HEAVY IND LTD),<br>10. Februar 1998 (1998-02-10)<br>Zusammenfassung<br>---                            | 1,9                |
| A  | US 5 515 828 A (COOK JEFFREY A ET AL)<br>14. Mai 1996 (1996-05-14)<br>Zusammenfassung<br>Spalte 2, Zeile 1 - Zeile 4<br>Spalte 6, Zeile 28 - Zeile 65<br>Abbildungen 5,7<br>---                                | 1-12               |
| P,X  | DE 198 59 018 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>29. Juni 2000 (2000-06-29)<br>Spalte 1, Zeile 60 - Spalte 64<br>Spalte 3, Zeile 10 - Zeile 38<br>Spalte 3, Zeile 59 - Zeile 67<br>Ansprüche 1,5-7<br>---                | 1-5,9-11           |
| P,X  | WO 01 04465 A (RENAULT ; FERNANDEZ ALAIN<br>(FR)) 18. Januar 2001 (2001-01-18)<br>Zusammenfassung<br>Seite 3, Zeile 1 - Zeile 3<br>Seite 7, Zeile 33 - Seite 8, Zeile 11<br>Seite 9, Zeile 9 - Zeile 13<br>--- | 1-5,9-11           |
| A  | EP 0 140 065 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>8. Mai 1985 (1985-05-08)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>---  |                    |
| A  | DE 198 28 279 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>30. Dezember 1999 (1999-12-30)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>das ganze Dokument<br>-----   |                    |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00272

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie   | Datum der<br>Veröffentlichung  |
|--|-------------------------------|---|--|
| JP 63021338 A                                      | 28-01-1988                    | KEINE   |  |
| EP 0833043 A                                       | 01-04-1998                    | KEINE   |  |
| JP 10037727 A                                      | 10-02-1998                    | KEINE   |  |
| US 5515828 A                                       | 14-05-1996                    | KEINE   |  |
| DE 19859018 A                                      | 29-06-2000                    | FR 2787511 A<br>JP 2000186604 A   | 23-06-2000<br>04-07-2000   |
| WO 0104465 A                                       | 18-01-2001                    | FR 2796417 A  | 19-01-2001   |
| EP 0140065 A                                       | 08-05-1985                    | DE 3336028 A<br>AT 39163 T<br>DE 3475549 D<br>JP 1913408 C<br>JP 6033723 B<br>JP 60081450 A<br>US 4688535 A | 18-04-1985<br>15-12-1988<br>12-01-1989<br>09-03-1995<br>02-05-1994<br>09-05-1985<br>25-08-1987 |
| DE 19828279 A                                      | 30-12-1999                    | WO 9967525 A  | 29-12-1999   |